

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 特許公報 (B2)

(11)特許番号

特許第3164824号

(P3164824)

(45)発行日 平成13年5月14日 (2001.5.14)

(24)登録日 平成13年3月2日 (2001.3.2)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

G 0 2 B 26/08

F I

G 0 2 B 26/08

A

請求項の数10(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-501293

(86) (22)出願日 平成8年6月5日 (1996.6.5)

(65)公表番号 特表平10-510374

(43)公表日 平成10年10月6日 (1998.10.6)

(86)国際出願番号 PCT/US96/08804

(87)国際公開番号 WO96/41217

(87)国際公開日 平成8年12月19日 (1996.12.19)

審査請求日 平成10年2月13日 (1998.2.13)

(31)優先権主張番号 482, 188

(32)優先日 平成7年6月7日 (1995.6.7)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(73)特許権者 99999999

シリコン・ライト・マシーンズ  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
94089-1208、サンベール、モフェット・パーク・ドライブ 385、スイート

115

(72)発明者 ブルーム、デビッド・エム

アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
94043、ポートラ・パレイ、ゴールデン・オーク・ドライブ 140

(74)代理人 99999999

弁理士 山崎 行造 (外1名)

審査官 濑川 勝久

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 フラット回折格子光バルブ

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 a.各要素が第一及び第二の端部と光反射面(308)とを有する複数の細長い要素(318)であって、該要素が第一のグループと第二のグループとにグループ分けされて、前記第一のグループの要素と前記第二のグループの要素とが互いに高い高さに並べられ、かつ前記要素は互いに平行に配列されている複数の要素(318)と、  
b.前記第一のグループ及び第二のグループの要素(318)の端部によって該第一のグループ及び第二のグループの要素(318)を懸架する手段と、  
c.前記第一のグループのすべての細長い要素を互いに電気的に結合する手段と、  
d.前記第二のグループのすべての細長い要素を互いに電気的に結合する手段と、

10

2

e.前記第一のグループに第一のバイアス電圧を印加する手段及び前記第二のグループに第二のバイアス電圧を印加する手段であって、前記光反射面(308)が実質的に同一平面にありかつ入射光ビームが反射される第一の平面内にある、前記第一のグループに第一のバイアス電圧を印加する手段及び前記第二のグループに第二のバイアス電圧を印加する手段と、

f.前記第一の平面に平行な第二の平面に向けて前記第一の平面に垂直に前記第一のグループの前記要素を選択的に偏向させて前記入射光ビームを回折する手段とから成ることを特徴とする入射光ビームを変調する変調器。

【請求項2】更に、前記第一のグループから独立して前記第一の平面に対し垂直に前記第二のグループの位置を調整する手段を有する請求項1に記載の変調器。

【請求項3】各反射面(308)の広さが各ギャップより

も大きくなるよう、隣接する前記要素（318）はギャップにより互いに隔置されている請求項1に記載の変調器。

【請求項4】前記第二の平面は前記第一の平面からほぼ入/4離れている（ここで入は光ビームの波長である）請求項1に記載の変調器。

【請求項5】前記第一のバイアス電圧が除去されたときには、前記要素（318）は前記第一の平面内に存在しない請求項1に記載の変調器。

【請求項6】前記第一のバイアス電圧及び前記第二のバイアス電圧を前記要素（318）とその下方の導体（304）との間に電位として印加することによって静電吸引力が形成される請求項1に記載の変調器。

【請求項7】さらに、回折された光を検出するとともにそれに応答して前記バイアスを自動的に調整する手段を備える請求項1に記載の変調器。

【請求項8】前記要素（318）は、前記平面内にある時には波長にかかわらず光を反射する請求項1に記載の変調器。

【請求項9】a.各ピクセルが画像の一部を表示する複数のピクセル（320）であって、前記ピクセルは複数の行と複数の列とを有するアレイに配列され、更に各ピクセルは、

（1）各要素が第一及び第二の端部と光反射面（308）とを有する複数の細長い要素（318）であって、該要素（318）は第一のグループと第二のグループとにグループ分けされ、前記第一のグループの要素（318）と前記第二のグループの要素（318）とが互いに高い高さに並べられ、かつ前記要素（318）は互いに平行に配列されている複数の要素（318）と、

（2）前記第一のグループ及び第二のグループの要素の端部によって該第一のグループ及び第二のグループの要素（318）を基板（300）の上方に懸架する手段とを有する複数のピクセル（320）と、

b.前記第一のグループのすべての細長い要素（318）を互いに各行内で電気的に結合する手段と、

c.前記第二のグループのすべての細長い要素（318）を互いに各行内で電気的に結合する手段と、

d.前記第一のグループに第一のバイアス電圧を印加する手段及び前記第二のグループに第二のバイアス電圧を印加する手段であって、前記光反射面（308）が実質的に同一平面にありかつ入射光ビームが反射される第一の平面内にある、前記第一のグループに第一のバイアス電圧を印加する手段及び前記第二のグループに第二のバイアス電圧を印加する手段と、

e.前記第一の平面に平行な第二の平面に向けて前記第一の平面に垂直に前記第一のグループの前記要素（318）を選択的に偏向させて前記入射光ビームを回折する手段とから成る、画像を表示するデジタルディスプレイ装置。

【請求項10】前記第一のグループの前記要素（318）を選択的に偏向させる手段が、前記基板（300）に取り付けられかつ列内の全ての前記細長い要素（318）の下に配置された導電層（304）から成る請求項9に記載の装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 技術分野

本発明は、光ビームを変調する方法及びその装置に関する。特に、本発明は、回折格子を与えるために選択的に変形可能部分を有する実質的にフラットな反射表面に関する。

##### 背景技術

設計者及び発明者は、単独であるいは他の変調器と共に動作できる光変調器を開発しようと努力していた。このような変調器は、高解像度、高動作速度（kHzフレーム速度）、多重グレイスケールレベル例えば100レベルあるいはカラー発生との適合性、高コントラスト比あるいは変調深さ、光学的平坦性、VLSIプロセス技術に対する適合性、取り扱いの容易性、及び比較的低コストが必要とされる。まさに、このようなシステムを開発する試みにおいて、本発明の一人が、参照によりここに完全に組み込まれた米国特許第5,311,361号の方法及び装置を共同で発明した。

第5,311,360号の開示によれば、回折格子は、図1に示されるような多重ミラーリボン構造から成っている。複数の変形可能リボン構造100のバターンは基板102の上方に隔置されて形成されている。リボンとこれらのリボンの間の基板とは共にアルミニウム膜等の光反射材料104で被覆される。リボンが弛緩した、アップ位置にある時に、リボン100の上の反射材料104の表面と基板102の上のこれらとの間に設計されている高さの差は入/2である。波長入の光が基板102の表面に垂直にこの構造に衝突すると、リボン100の表面からの反射光は基板102からの反射光と同位相になる。これは、基板に衝突する光はリボンに衝突する光よりも入/2多く伝搬し、次に入/2戻るので合計1完全波長入となるためである。このように、この構造は、波長入の光がその上に衝突した時に、フラットミラーとして機能する。

リボン100及び基板102に適切な電圧を印加することにより、図2に示すように、リボン100は基板102に向かって曲げられこれに接触させられる。リボンの厚さは入/4に設計されている。波長入の光が基板102の表面に垂直にこの構造に衝突すると、リボン100の表面からの反射光は基板102からの反射光とは完全に位相がずれる。このために、リボンからの光と基板からの光との間に干渉が生じ、このためこの構造は光を回折する。回折のために、反射光は垂直に対して角度θでこの構造の表面から反射する。

ディスプレイ装置を形成する際の、一つの重要な基準は暗ピクセルと明ピクセルとの間のコントラスト比であ

る。比較的大きなコントラスト比を与える最善の方法は暗ピクセルが全く光を受けないことを保証することである。前述の構造を用いたディスプレイ装置を形成する一つの技術は、この構造の表面に垂直に衝突する波長入の光を与えるように構成された光源を有することである。光集束装置、例えば光学レンズが角度 $\theta$ で光を集束するように配置できる。一つのピクセルに対してリボンがアップ位置にある場合には、全ての光は光源の反射して戻り、集束装置は全く光りを受けない。このピクセルは黒く見える。このピクセルに対してリボンがダウン位置にある場合には、光は集束装置に向けて回折し、このピクセルは明るく見える。

波長入以外の光がこの構造に衝突すると、リボンがアップ状態にある時には部分反射だけが発生する。同様に、リボンがダウン状態にある時には光は角度 $\theta$ で部分的にだけ回折される。このように、光の波長が正確に入でない場合には、いわゆる暗ピクセルはある程度光をディスプレイし、一方いわゆる明ピクセルは全く光をディスプレイしない。単一波長だけを有する光源を使用することは非常に高価である。市販の光源は通常ある波長範囲に渡る光を出力する。単一波長光は実用的でないでの、前述の原理に基づく現実のディスプレイ装置から得られるコントラスト比は理論的に可能なものよりも非常に劣っている。

議論のために、単一波長光が実現でき入手可能であるものと仮定する。前述の装置に対しては、受容できるコントラスト比を与える方法で機能するには、正確にアップ時に $1/2$ になりダウン時に $1/4$ になる構造を与えるリボン及び反射層の高さ及び厚さが必要とされる。製造プロセスの変動の故に、2つの装置間のコントラスト比は劇的に変化できる。相対的高さが正確にアップ時に $1/2$ になりダウン時に $1/2$ になる尤度が小さいので、コントラスト比は理論的に可能なものよりももっと劣ったものになる。

前述の構造に伴う別の困難さは、物理的構成のアーチファクトから生ずる。特に、発明者は、リボンは一旦ダウン位置になると基板に付着する傾向があることを発見した。発明者は、基板の表面のエクスチャーリングがこの付着を解決する助けになることを学んだ。都合の悪いことには、テクスチャ表面はその表面の反射特性を実質的に劣化させる。これは光バルブの性能を劣化する。

最後に、前述の構造を用いてカラーを実現するためには、米国特許第5,311,360号の発明者は、リボン間のスペースのはっきりした周期性を有する3つの別個のバルブ構造を用いることを考えた。そのため、この構造はカラーを実現するために数多くのリボンを必要とする。更に、赤、緑、青成分を含む光源がこれらの構造に衝突して所望の受容器に向けて光りを回折する。従って、光の強度はカラーに対しては減少する。

米国特許第5,311,360号は図3に示された別の構成を

教示している。この従来の構成によれば、複数の細長い要素が基板200の上方に配置されている。第一の複数の細長い要素202は、図1及び図2の実施例におけるように、各縁（図示せず）によって空隙204の上方に懸架されている。第二の複数の細長い要素206は、剛性支持部材208を介して基板200に取り付けられている。支持部材208の高さは $1/4$ に設計されている。反射材料210は全ての細長い要素202及び206の表面上に形成されている。

理論的には、細長い要素202及び206は、静止時には同じ高さになるように設計されている。このように、全ての細長い要素がアップ位置にあり同じ高さにある時には、回折は全く発生しない。（事実、細長い要素間のギャップの周期的不連続性に起因してある適度の回折が発生する。しかし、この周期は格子の周期の半分であり、そのため光は所望の回折光の角度の2倍回折する。光学系は所望の角度だけで回折光をピックアップするように構成されているので、望ましくない回折は捕捉されずコントラスト比を劣化しない。）実際、細長い要素が同じ高さにある場合には、暗ピクセルを形成する衝突光の波長依存性は存在しない。

図3に示されたような構成を実現するためには、層は、既知のエッチャントに対して所定の妨害感受性を有する第一の材料により形成されねばならない。その層のある部分は、ホソリソグラフィ及びエッチング等の既知の技術によって除去される。第二の材料が、除去された材料のボイド内に堆積により形成される。この第二の材料は第一の材料とは異なるエッチャントに対して既知の妨害感受性を有している。この層は細長い要素の材料から形成される。この構成は細長い要素のリボンを形成するためにエッチングされる。最後に、第二の材料は懸架された細長い要素202を形成するためにエッチングにより除去される。第一の材料と第二の材料とが同一平面にあるような装置を首尾一貫して製造することは難しい。このように、二組の細長い要素は完全に同一平面にあることがないようである。更に、第一の材料及び第二の材料の選択的に除去できる層を形成する従来のほとんどの技術は、プロセス中に膨出（あるいは縮み）を生ずる支持部材208を与える。このような不連続性が所望の格子と正確に同じ周期でありかつ光学系がこの不要な回折光を捕捉するので、この膨出（あるいは縮み）は問題を更に悪化させる。

図面はないが、米国特許第5,311,360号は、この構成は懸架される全ての要素で形成できることを示唆している。米国特許第5,311,360号は、これは振幅及び位相を制御する利点があることを教示している。不幸にも、このような装置をアドレス指定し、バイアスし、あるいは構成することに関する教示は存在しない。

必要とされることは、隣接した細長い要素間の平面関係を積極的に保持するフラット回折格子システムである。更に、光の所定の波長に依存しないシステムが望ま

れる。また、所定光の波長を支持するために正確な製造プロセス許容誤差を要求しないシステムが必要とされる。

#### 発明の開示

回折格子光バルブは入射光ビームを変調する。複数の細長い要素はそれぞれ反射表面を有している。細長い要素はそれぞれの縁で実質的に同一平面に懸架されている。細長い要素の他のものは第一のバイアス電圧を受けるために電気的に接続されている。他の細長い要素は第二のバイアス電圧を受けるために電気的に接続されている。適切なバイアス電圧を印加することにより、全ての反射表面は所定の平面内に保持される。実際には、反射表面は、多少のサグが細長い要素に沿って誘起されるという事実に起因して正確には单一平面内にはないことがわかる。にもかかわらず、隣接した細長い要素に沿った全ての対応する点は、効果的に回折を防止する基本的に同じ高さまでバイアスされる。全ての細長い要素が第一の平面内にある時に、回折格子光バルブは光ビームを反射する。細長い要素の所定のグループは、好ましくは別個のものは、第一の平面に平行な第二の平面と実質的に同一平面にあるように変形可能である。要素の所定のグループが第二の変面内にある時に、回折格子光バルブは光ビームを回折する。

#### 図面の簡単な説明

図1はそのリボン要素がアップ位置にある従来の回折格子光バルブの断面図を示している。

図2はそのリボン要素がダウン位置にある図1の従来の回折格子光バルブの断面図を示している。

図3は、その一部が支持部材によって支持されている複数の平面的に配列された細長い要素を有する、従来の回折格子光バルブの別の実施例の断面図を示している。

図4は好適実施例による非回折／アップモードにある回折格子光バルブの断面図を示している。

図5は好適実施例による回折／ダウンモードにある図4の回折格子光バルブの断面図を示している。

図6は90°直交しかつ2つのピクセルを横断した図4の回折格子光バルブの断面図を示している。

図7は90°直交しかつ2つのピクセルを横断した図5の回折格子光バルブの断面図を示している。

図8は90°直交しかつ2つのピクセルを横断した図4の回折格子光バルブ及び隣接ピクセルの平面図を示している。

図9は、バイアス電圧が印加されていない場合における、細長い要素と基板との間に印加される電圧に対して図4の細長い要素の一つからの光の強度を示すグラフである。

#### 発明を実施するための最良の形態

図4は好適実施例による非回折／アップモードにある回折格子光バルブの断面図を示している。製造プロセスの詳細は、同じ発明者の少なくとも一人により1995. 6

月7日に同時に出願された、共同所有、共同出願、係属中の米国特許出願第08/480,459号、公開番号第WO-A-96 41226の発明の名称“A METHOD OF MAKING AND AN APPARATUS FOR A FLAT DIFFRACTION GRATING LIGHT VALVE”に開示されている。代表的な材料だけがここに開示されるが、制限的な意味には解すべきではない。

基板300が準備され、かつ成長シリコン等の従来の材料でできる。窒化シリコンSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等のバッシャーベーション層302が基板の上に形成される。次に、導電層304がバッシャーベーション層302の上に形成される。好適には、導電層304は、引き続くプロセス工程に対して耐久性がある材料、例えば、タンクスチタンあるいはタンクスチタン合金から成る。

懸架される要素が次に形成され、リボン318として集合的に知られた層を含んでいる。懸架された要素は、導電層304の上にこれから離れて形成されたリボン層306を含んでいる。好適には、リボン層306の材料は窒化シリコンである。反射層308はリボン層306の上に形成され、好適にはアルミニウムにより形成される。最後に、薄い保護層310が反射層308の上に形成され、好適にはPECVD酸化物である。空隙312が導電層304とリボン層306との間に残される。

このアップ状態では、細長い要素が適切な電圧により正確に同じ高さまで駆動できるので、入射光は回折されない。これは、細長い要素が同一平面にある時に、真に暗いピクセルを与える。これは、ピクセルの暗状態が波長に依存しないというはっきりした利点を与える。隣接した細長い要素間のギャップの周期性に起因して適度な量の回折があることを思い出そう。しかし、この回折の周期は回折格子の周期の半分であり、従って光学的に除去できる。

図5は好適実施例による回折／ダウンモードにある図4の回折格子光バルブの断面図を示している。同じ構造を特定するのに適当であれば、混乱を避けるために異なる図面に示された時に、同じ参照番号が使用される。懸架された要素の所定のものと導電層との間に適切な電圧を印加することにより、静電引力がこれらの懸架された要素を変形させかつ導電層304に接触させる。図5では、4つの懸架された要素のうちの2つがダウン位置に示されている。これは、隣接要素から反射された光の回折を引き起こす。

ここで、回折格子光バルブに対して適度な波長依存性だけが存在する。隣接した細長い要素の高さ間の距離は入/4であることが好ましい。しかし、もし到達距離が緑色光に最適化されている場合には、波長を赤あるいは青に変更したことに起因する損失は5%の大きさである。これは、部分的には、集束された光の強度は波長の正弦自乗関数として変化するという事実に起因する。このため、波長の少しの変化は受信強度の少しの変化だけを有する。更に、入/4移動する装置を製造する能力は従来技

術におけるよりも簡単である。 $\lambda/4$ の差はスペーサの厚さと細長い要素の厚さとの組み合わせから得られる。これは2つの層に対して極めてきつい製造許容誤差を要求する。ここで、空隙の厚さが、設計の波長一致性を決定する、つまり細長い要素は任意の厚さにできる。空隙は好適には犠牲酸化物を除去することにより形成される。酸化物の形成は数多くの容易に制御できる条件下で十分に特徴づけられることから、正しい大きさのスペーサを製造することは通常の事項である。空隙の厚さは、装置の通常動作中に電圧をリボンあるいは下地導体に印加することにより調整されかつ制御されることがわかる。

本発明の回折格子光バルブを組み込んだ装置内に光センサを含めることも可能である。このセンサは、回折光を測定し、検出された回折光を最大にするためにバイアス電圧（以下に説明する）を調整する。このように、センサ及びバイアス電圧調整回路は、光源の波長が変化した場合でも正確な $\lambda/4$ 関係を維持するために依然としてアップ位置にある細長い要素を駆動することができる。

適度な波長の変化に対する損失が小さいのでコントラスト比の小さい影響しか与えず、また暗状態にあるので光学系は基本的には光を集束しない。オン状態では100%の光が集束されかつオフ状態では光が集束されないと、理想的なシステムでは、コントラスト比は $\infty$ である（実際、ゼロで割った任意の数は $\infty$ である）。暗状態での適度な劣化でもコントラスト比に劇的に影響する。例えば、暗状態で5%だけの不要光が集束され一方オン状態では100%の光が集束される場合には、コントラスト比は $\infty$ から約20に減少する。これに対して、暗状態では光を集束しない状態が継続するが一方オン状態では95%の光が集束される場合には、コントラスト比は $\infty$ のままである。この例では、ディスプレイの輝度は低下するが、コントラスト比は良好のままであることがわかる。

本発明の回折格子光バルブの相対波長独立性の故に、カラー画像を形成する单一構造を使用したシステムを構成することは可能である。例えば、赤、緑、青を含む3つの光源は対象のピクセルを照射できる。赤を発生するには、赤の光源だけが附勢される。緑あるいは青も同様である。他の色を発生するには、ピクセルは光源によって時間多重できる。つまり、まず赤の光源が照射されピクセルは回折するかまたは望ましいものとしない。次に青がそして緑が照射される。照射の順序は重要ではない。観察者の目がディスプレイのカラーを統合し所望のカラーを知覚する。

図6は、90°直交しかつ2つのピクセルを横断した、非回折/アップモードにある図4の回折格子光バルブの断面図を示している。図6は各種の構造の概略幾何学形状だけを概略的に示している。各種形状及び曲げ角度はプロセス変動、材料の選択、層の厚さ、及び環境条件と共に変更できる。ピクセル314は懸架領域に沿って固定部316間に形成される。このピクセル314は、ここに説明

される選択的回折を実現するために変形できるように懸架される。固定部はピクセル314間の分離を与え、またピクセル構造に対して基板300上の機械的支持を与え

る。

図7は、90°直交しかつ2つのピクセルを横断した、回折/ダウンモードにある図5の回折格子光バルブの断面図を示している。導電層304と反射層308との間に適切な電位を印加することにより、静電引力がピクセルを基板に接触するように曲げる。導電層304はこの図の内外に伸びしかつ多くのピクセルの下を通っていることがわかる。同様に、ピクセルを形成するリボン318は、図面の両境界を超えて多くの導電層を横切って通る。ピクセルリボンと導電層の間のこの相互関係が、図8及び図9の図面を参照して詳細に説明される固有のアドレス指定技術を提供する。

図8は図4の回折格子光バルブ及び隣接ピクセルの平面図を示している。6つのピクセル320が図8の図面に示されている。ピクセルのこの限定された数は例示だけのものであることがわかる。市販のディスプレイに対する本発明による回折格子光バルブは、他の形式のディスプレイ技術に現在利用できるピクセルの数を少なくとも有している。このように、市販の回折格子光バルブに対しては、2以上の導電層304がありまた図に示されたよりも多いリボン318がある。例えば、ある市販のディスプレイは1024行及び1280列のピクセルを有している。このピクセルに加えて、電気信号をリボン318に接続するI/Oポートボンディングパッド326も図示されている。

各ピクセル320は4つの隣接リボン318を有している。別のリボンの一組322はバイアスバス324に接続されている。事実、ピクセルのそれぞれについて2つの別のリボンがバイアスバス324に接続されている。制御電圧をボンディングパッド326Aから受け取るために、ピクセル320の他の2つのリボンが接続されている。好適には、バイアスバス324は導電層304と同時に形成される。

光が偏向される角度はリボン318の幅と隣接リボン間の間隔によって決定される。好適実施例では、別のリボンがトグルで留められているので、周期は2つの隣接リボンにより確定される。好適実施例では、リボンは3.5ミクロン幅であり、隣接リボン間の間隔は1.5ミクロンである。このように、この構成の周期は10ミクロンである。リボン間の間隔は光に損失を生じさせることができない。この間隔はリボンの幅に対して最小化されることが望ましい。

図9は、別のラインがバイアスされていない場合における、細長い要素と基板との間に印加される電圧に対して図4の2対の細長い要素のディスプレイ構造からの光の強度を示すグラフである。この細長い要素はヒステリシスを示す。光強度の増加により示されるように、電圧が増加し始めるにつれて、細長い要素は少し曲がり始める。曲げ閾値 $V_0$ では、細長い要素はバチッと下がり導電

術におけるよりも簡単である。 $\lambda/4$ の差はスペーサの厚さと細長い要素の厚さとの組み合わせから得られる。これは2つの層に対して極めてきつい製造許容誤差を要求する。ここで、空隙の厚さが、設計の波長一致性を決定する、つまり細長い要素は任意の厚さにできる。空隙は好適には犠牲酸化物を除去することにより形成される。酸化物の形成は数多くの容易に制御できる条件下で十分に特徴づけられることから、正しい大きさのスペーサを製造することは通常の事項である。空隙の厚さは、装置の通常動作中に電圧をリボンあるいは下地導体に印加することにより調整されかつ制御されることがわかる。

本発明の回折格子光バルブを組み込んだ装置内に光センサを含めることも可能である。このセンサは、回折光を測定し、検出された回折光を最大にするためにバイアス電圧（以下に説明する）を調整する。このように、センサ及びバイアス電圧調整回路は、光源の波長が変化した場合でも正確な $\lambda/4$ 関係を維持するために依然としてアップ位置にある細長い要素を駆動することができる。

適度な波長の変化に対する損失が小さいのでコントラスト比の小さい影響しか与えず、また暗状態にあるので光学系は基本的には光を集束しない。オン状態では100%の光が集束されかつオフ状態では光が集束されないと、理想的なシステムでは、コントラスト比は $\infty$ である（実際、ゼロで割った任意の数は $\infty$ である）。暗状態での適度な劣化でもコントラスト比に劇的に影響する。例えば、暗状態で5%だけの不要光が集束され一方オン状態では100%の光が集束される場合には、コントラスト比は $\infty$ から約20に減少する。これに対して、暗状態では光を集束しない状態が継続するが一方オン状態では95%の光が集束される場合には、コントラスト比は $\infty$ のままである。この例では、ディスプレイの輝度は低下するが、コントラスト比は良好のままであることがわかる。

本発明の回折格子光バルブの相対波長独立性の故に、カラー画像を形成する单一構造を使用したシステムを構成することは可能である。例えば、赤、緑、青を含む3つの光源は対象のピクセルを照射できる。赤を発生するには、赤の光源だけが附勢される。緑あるいは青も同様である。他の色を発生するには、ピクセルは光源によって時間多重できる。つまり、まず赤の光源が照射されピクセルは回折するかまたは望ましいものとしない。次に青がそして緑が照射される。照射の順序は重要ではない。観察者の目がディスプレイのカラーを統合し所望のカラーを知覚する。

図6は、90°直交しかつ2つのピクセルを横断した、非回折/アップモードにある図4の回折格子光バルブの断面図を示している。図6は各種の構造の概略幾何学形状だけを概略的に示している。各種形状及び曲げ角度はプロセス変動、材料の選択、層の厚さ、及び環境条件と共に変更できる。ピクセル314は懸架領域に沿って固定部316間に形成される。このピクセル314は、ここに説明

される選択的回折を実現するために変形できるように懸架される。固定部はピクセル314間の分離を与え、またピクセル構造に対して基板300上の機械的支持を与えれる。

図7は、90°直交しかつ2つのピクセルを横断した、回折/ダウンモードにある図5の回折格子光バルブの断面図を示している。導電層304と反射層308との間に適切な電位を印加することにより、静電引力がピクセルを基板に接触するように曲げる。導電層304はこの図の内外に伸びかつ多くのピクセルの下を通っていることがわかる。同様に、ピクセルを形成するリボン318は、図面の両境界を超えて多くの導電層を横切って通る。ピクセルリボンと導電層の間のこの相互関係が、図8及び図9の図面を参照して詳細に説明される固有のアドレス指定技術を提供する。

図8は図4の回折格子光バルブ及び隣接ピクセルの平面図を示している。6つのピクセル320が図8の図面に示されている。ピクセルのこの限定された数は例示だけのものであることがわかる。市販のディスプレイに対する本発明による回折格子光バルブは、他の形式のディスプレイ技術に現在利用できるピクセルの数を少なくとも有している。このように、市販の回折格子光バルブに対しては、2以上の導電層304がありまた図に示されたよりも多いリボン318がある。例えば、ある市販のディスプレイは1024行及び1280列のピクセルを有している。このピクセルに加えて、電気信号をリボン318に接続するI/Oポートボンディングパッド326も図示されている。

各ピクセル320は4つの隣接リボン318を有している。別のリボンの一組322はバイアスバス324に接続されている。事実、ピクセルのそれぞれについて2つの別のリボンがバイアスバス324に接続されている。制御電圧をボンディングパッド326Aから受け取るために、ピクセル320の他の2つのリボンが接続されている。好適には、バイアスバス324は導電層304と同時に形成される。

光が偏向される角度はリボン318の幅と隣接リボン間の間隔とによって決定される。好適実施例では、別のリボンがトグルで留められているので、周期は2つの隣接リボンにより確定される。好適実施例では、リボンは3.5ミクロン幅であり、隣接リボン間の間隔は1.5ミクロンである。このように、この構成の周期は10ミクロンである。リボン間の間隔は光に損失を生じさせることができない。この間隔はリボンの幅に対して最小化されることが望ましい。

図9は、別のラインがバイアスされていない場合における、細長い要素と基板との間に印加される電圧に対して図4の2対の細長い要素のディスプレイ構造からの光の強度を示すグラフである。この細長い要素はヒステリシスを示す。光強度の増加により示されるように、電圧が増加し始めるにつれて、細長い要素は少し曲がり始める。曲げ閾値 $V_0$ では、細長い要素はバチッと下がり導電

層と接触する。次に、電圧はこのレベルを超えて低下しまた細長い要素はダウン位置に止まる。少し低い電圧 $V_b$ では、細長い要素は弛緩しアップ位置に復帰する。

細長い要素をバチッとダウン位置に下げるのに必要とされる電圧 $V_b$ は20ボルトDCの範囲ないにある。このような装置を構成するために使用される製造プロセス、材料、及び層の厚さに応じて、この電圧がこの値のかなり上及び下に渡ることが可能である。好適実施例では、細長い要素は、曲げ電圧 $V_b$ と下側電圧 $V_a$ との間の中央範囲の電圧 $V_b$ でバイアスされる。このように、細長い要素をバチッと下げるかあるいは弛緩させるために、かなり小さい電圧エクスカーションが要求される。

バイアス電圧 $V_b$ はこの細長い要素のある適度な撓み性を生じさせることが、図9のグラフを研究から明らかである。ピクセル320を切り換えるのに必要とされる電圧について考察する。この議論のために、図8及び図9を参照する。あるアドレス指定方法では、バイアス電圧 $V_B$ をボンディングパッド326A及び導体324に印加することにより、バイアス電圧 $V_B$ がピクセルの全てのリボンに印加される。ピクセル320の全てのリボンが少し撓みかつ同一平面にあることから、暗状態は暗のままに止まる。好適実施例では、他のリボン毎にバイアス電圧 $V_b$ が永久的に接続される。それぞれの噛み合わされたリボンの電圧は、これらのリボンをバチッと下げるかあるいは弛緩させるために、上下に変更できる。

リボンを切り換えるのに必要な像分電圧は、図9に示されているように、 $\Delta V_s$ である。ボンディングパッド326Aに印加された電圧に少なくとも $\Delta V_s$ が加算されると、このボンディングパッドに接続された行内の全てのピクセルが回折状態にトグルダウンされる。代わりに、導電層328Cに印加された電圧から $\Delta V_s$ が減算されると(図4-7への対応を示すために304として示されている)、この導体層の上の列内の全てのピクセルのリボンがやはりトグルダウンされる。これらの条件下では、リボンは全てダウン状態になり、そのためこれらのピクセルは暗のままである。ピクセル320のアドレス指定を与えるために、電圧 $\Delta V_s/2$ がボンディングパッド326Aに加算され、また電圧 $\Delta V_s/2$ が導電層328から減算される。電圧だけでリボンをトグルダウンさせないかあるいは両方の\*

12  
\*組み合わせがリボンをトグルダウンさせない限り、任意の他の電圧の組み合わせが使用できる。

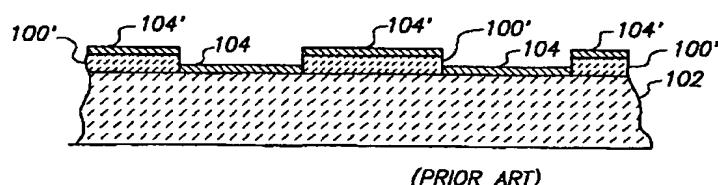
一度 $+\Delta V_s/2$ 及び $-\Delta V_s/2$ が除去されると、ダウン位置にトグルされたリボンは、反対極性の $\Delta V_s$ が同じ要素に印加されるまで、リボンの本来のヒステリシスのためにダウン位置に止まる。一度に全行あるいは列を消去することを避けるために、単一のピクセル320は $\pm \Delta V_s/2$ を適当に行および列に印加するようにして消去することができ、反対極性の行及び列がピクセル320をトグルダウンするため使用される。前述したように、電圧の他の組み合わせがピクセル320を消去するために使用できる。

好適実施例では、行データがセットされ次に行にトグルされる。導電層304が列から成る場合には、ピクセルが明にされることが望まれる全ての列に $-\Delta V_s/2$ を適切に供給することにより、データが列に配置される。そのような各列内の全てのピクセルに対する全てのリボンがこの電圧変化の結果として多少移動した場合でも、これらのリボンは同一平面にあることから、表示される画像には変化がない。このように、リボンはコモンモードに移動し、そのためこのような変化のコモンモード除去がある。つまり、静電引力が行内の全ての細長い要素に等しく印加されるので、これらのリボンは一体で移動そして不要な回折が防止される。事実、適度なサグが細長い要素に沿って誘起されるという事実から、反射表面は正確には単一平面内にないことがわかる。にもかかわらず、隣接の細長い要素に沿った全ての対応点は、効果的に回折を防止する基本的に同じ高さまでバイアスされる。所望の行内を移動するリボンに接続されたボンディングパッドの電圧は、次に $V_B$ から $(V_B + \Delta V_s/2)$ まで上昇され、全ての適切なピクセルがトグルされる。

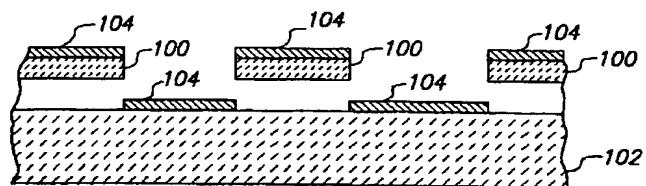
一方、データがリボンにセットされ次に下地導電層内にトグルされる場合には、ディスプレイは、リボンの所定のものに選択的に印加された $\Delta V_s/2$ に応答してちらちらする。

本発明は好適実施例に関連して説明された。本開示を読んだ後にだけ当業者に明らかになる改良あるいは修正が本出願の精神及び範囲内にあると思われる。

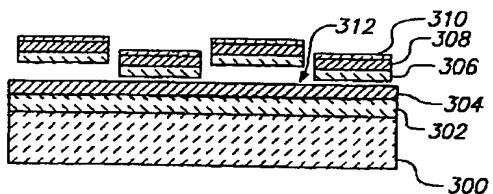
【第2図】



【第1図】

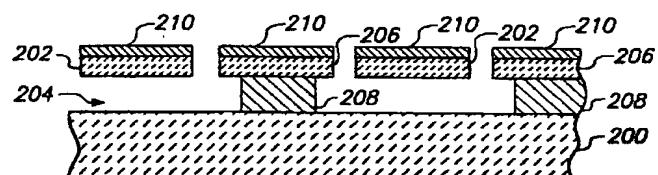


【第5図】



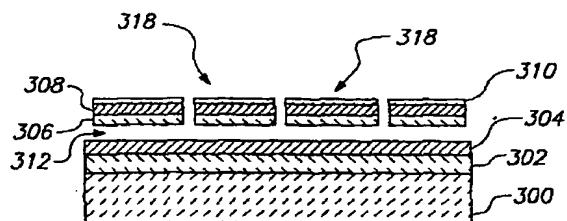
(PRIOR ART)

【第3図】

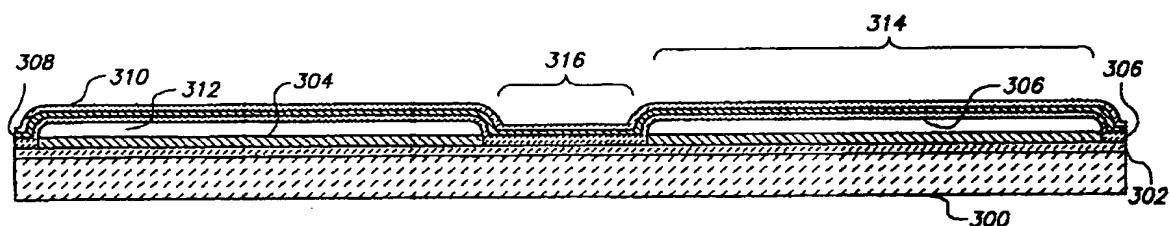


(PRIOR ART)

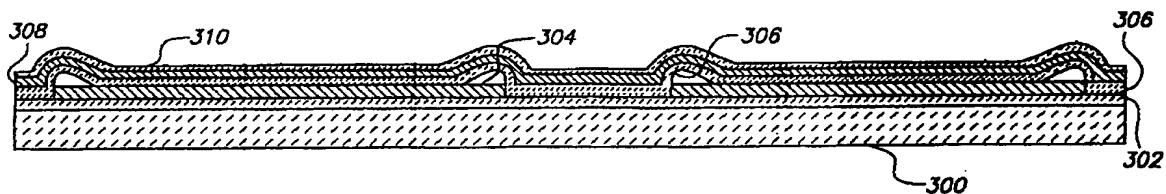
【第4図】



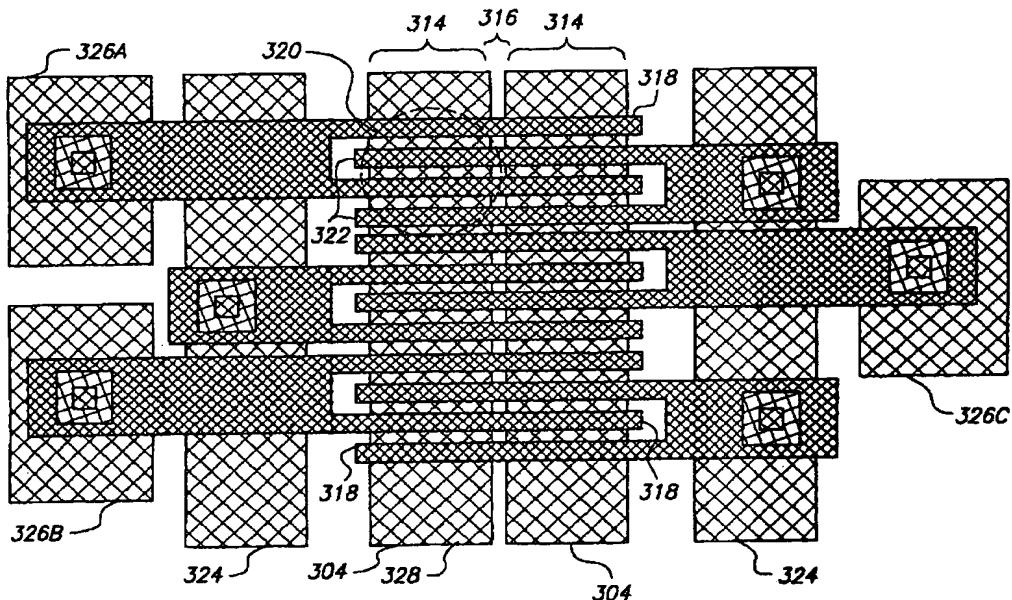
【第6図】



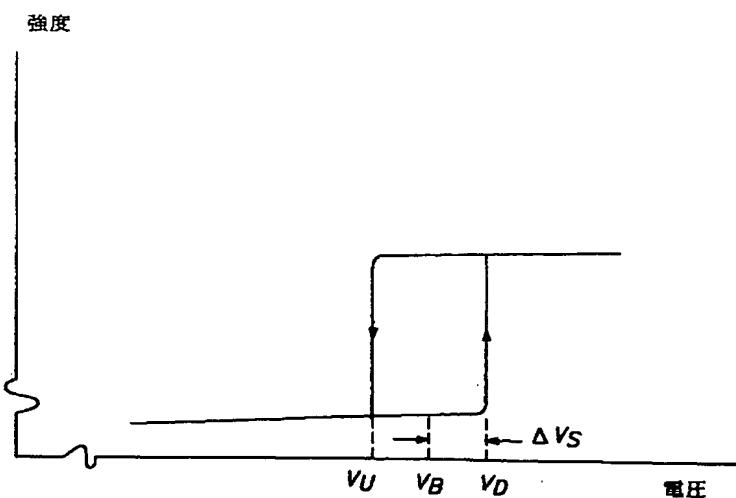
【第7図】



【第8図】



【第9図】



フロントページの続き

(72)発明者 コービン、デイブ・ビー  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
 94022、ロス・アルトス・ヒルズ、オー  
 チャード・ヒル・レーン 26950

(72)発明者 バンヤイ、ウィリアム・シー  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
 94303、イースト・バロ・アルト、ク  
 リー・アベニュー 1914、アパートメン  
 ト 2

(72)発明者 スティカー、ブライアン・ビー  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
94306、パロ・アルト、パーク・ブル  
バード 3833、アパートメント 1

(56)参考文献 特開 平1-135187 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.?, D B名)

G02B 26/00 - 26/08